

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3567199号

(P3567199)

(45) 発行日 平成16年9月22日(2004.9.22)

(24) 登録日 平成16年6月25日(2004.6.25)

(51) Int. Cl.⁷

F I

GO 1 N 29/00

GO 1 N 29/00

GO 1 N 3/40

GO 1 N 3/40

E

GO 1 N 33/02

GO 1 N 33/02

請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2002-90988 (P2002-90988)	(73) 特許権者	504136568
(22) 出願日	平成14年3月28日(2002.3.28)		国立大学法人広島大学
(65) 公開番号	特開2003-287524 (P2003-287524A)		広島県東広島市鏡山1丁目3番2号
(43) 公開日	平成15年10月10日(2003.10.10)	(74) 代理人	100072051
審査請求日	平成14年3月28日(2002.3.28)		弁理士 杉村 興作
		(72) 発明者	櫻井 直樹
			広島県東広島市鏡山2-365-5-202
		審査官	横井 亜矢子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 食品の物性測定装置および測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

側面に凹凸を設けた押し圧治具と、前記押し圧治具を被試験体に移送するための移送手段と、前記押し圧治具と前記移送手段を繋合する繋合手段と、前記繋合手段に設けられた前記被試験体に前記押し圧治具を挿入した際に発生する振動を検出する振動検出手段と、前記振動検出手段からの検出信号を増幅するための増幅手段と、前記増幅手段からの出力をフーリエ変換し振動スペクトルに変換するフーリエ変換手段と、予め定めた係数を記憶している係数テーブルと、前記フーリエ変換手段からの振動スペクトルと前記係数テーブルとを演算する演算手段と、前記演算手段の結果を食感値とすることを特徴とする、食品の物性測定装置。

【請求項2】

前記移送手段は、押し圧治具に繋合するピストンと、このピストンが自在に移動できるように係合したシリンダと、このシリンダ内部に液体を導入及び吐出させ、この液体の圧力によって前記ピストンを移動させるようにした液体ポンプとを含むことを特徴とする、請求項1に記載の食品の物性測定装置。

【請求項3】

前記フーリエ解析手段は、前記振動検出手段からの振動を振動スペクトルに変換した後、前記振動スペクトルを予め設定された周波数毎に出力することを特徴とする、請求項1又は2に記載の食品の物性測定装置。

【請求項4】

10

20

前記係数テーブルは、異なる食感を持つ前記被試験体の振動スペクトルを複数用いて主成分解析することにより計算された複数の固有ベクトルであることを特徴とする、請求項3に記載の食品の物性測定装置。

【請求項5】

前記固有ベクトルは、第1主成分から第N主成分固有ベクトルであることを特徴とする、請求項4に記載の食品の物性測定装置。

【請求項6】

前記押し圧治具は、円柱または多角形の断面を持つ角柱であり、その側面の一部あるいは全てに、突起を有することを特徴とする、請求項1～5のいずれか一に記載の食品の物性測定装置。

【請求項7】

側面に凹凸を設けた押し圧治具を被試験体に押し込み、前記被試験体に前記押し圧治具を挿入した際に発生する振動信号を検出し、前記振動信号をフーリエ変換して振動スペクトルに変換し、前記振動スペクトルから予め定めた所定の周波数間隔における振動強度を求め、前記振動強度と予め定めた係数と積を求め、前記積の総和を食感値とすることを特徴とする、食品の物性測定方法。

【請求項8】

前記係数は、異なる食感を持つ前記被試験体の振動スペクトルを複数用いて主成分解析することにより計算された複数の固有ベクトルであることを特徴とする、請求項7に記載の食品の物性測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、食品や農産物の力学特性測定器、および力学特性測定方法に関する。特に、所定の形状を持つプローブを被測定物に貫入させ、その際に発生した音響または振動スペクトルを利用して食品や農産物の食感を測定する測定器および測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

人は、味、香りおよび色といった多くの要素を基準として食物や農産物の嗜好的判断を行うが、その中で食感は、特に重要な要素である。例えば、新鮮なレタスやセロリを咀嚼した際の、シャキシャキとした食感や、食べ頃になったセイヨウナシのトロリとした食感は、我々の嗜好を大いにそそるものである。このような食感は、食物の力学特性（弾性や粘性）に由来している。従って、食物の弾性や粘性を測定すれば、このような食感を定量化することが考えられる。

【0003】

従来から、様々な力学的測定方法が考案されて来た。例えば、特開平11-190688号公報では、麺類やパスタなどで習慣的にあいまいに使われていた腰の強さ等の食感を定量化する方法が開示されている。また、特開2000-283975号公報では、人、特に乳幼児が好む食品の物性（テクスチャー）を測定するための方法が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする言相】

これら従来の技術においては、所定の形状をしたプランジャーを被測定物に押し込みあるいは押し込んだ後持ち上げ、そのプランジャーが受ける力学的力（応力や粘着力）を利用して被測定物の物性を測定している。そのため、プランジャーやその受け治具の形状を対象物に応じて改良を加え、被測定物の物性値を正確に測定する技術を開示している。ところが、このような方法では、全ての農産物や食品の食感を正確に測定することは難しい。

【0005】

例えば、セイヨウナシ（ラ・フランス種）は、熟度の判定が困難な果実であり、適熟になると果肉の食感が劇的に変化して、いわゆるバターと称される状態になる。この果実の熟度は、熟練者による官能検査しか判断できず、数値化が難しいため、果実の流通上、大

10

20

30

40

50

きな問題になっている。

【0006】

図5は、食品の力学測定に広く用いられるレオメータ（サン科学、COMPAC-100）を用いて、熟していくセイヨウナシ（ラ・フランス）の果肉硬度を測定した結果である。測定に使用したプランジャーは円錐形状であり、一定速度で予め所定の大きさに加工された果肉に貫入させ、一定距離貫入した時の最大応力を果肉硬度としている。

【0007】

図6は、同じセイヨウナシを官能検査により評価した食感熟度の変化を示す図である。食感熟度5は未熟、4はやや未熟、3はやや熟、2は適熟、1は過熟を示す。食感熟度5での果肉はサクサクした食感を示し、食感熟度2での果肉はトロリとしたバター状を示す。

10

【0008】

図5と図6から明らかなように、果肉硬度は7日目から9日目にかけて硬度が低下し、そのときに果実は食感熟度2.5を示した。このときの果実の力学特性は大きく変化し、トロリとした果肉になった。その後もセイヨウナシの熟度は進み15日目には過熟に至るが、図5から明らかなように、果肉硬度には大きな変化がみられない。すなわち、従来法で測定した果肉硬度と官能試験による食感熟度との間には良好な並行関係が成立していない。

【0009】

この結果は、従来行われている物性測定技術では、果肉の物性が大きな変化（適熟になる）を起こしたことは検出できても、食感熟度のような人の官能に由来する微妙な果肉物性の変化を測定できないことを示している。これは、従来の技術では、セイヨウナシなどの果実や食品のもつ複雑かつ精妙な物性値を、硬度（応力）や粘着力といった一部の力学特性では十分に表せないからである。本発明は、このような食感熟度を正確に定量化する方法を提供するものである。

20

【0010】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明では、被試験体と積極的に振動を起こすように側面に凹凸を設けた押し圧治具を被試験体に貫入し、貫入する際に前記治具と被試験体との間で発生した振動または音響スペクトルを検出する。この検出されたスペクトルは、被試験体のあらゆる物性情報を含んでいるため、このスペクトルを主成分解析することにより、食感熟度を数値化することを特徴とする。

30

【0011】

請求項1に記載の発明は、側面に凹凸を設けた押し圧治具と、前記押し圧治具を被試験体に移送するための移送手段と、前記押し圧治具と前記移送手段を繋合する繋合手段と、前記繋合手段に設けられた前記被試験体に前記押し圧治具を挿入した際に発生する振動を検出する振動検出手段と、前記振動検出手段からの検出信号を増幅するための増幅手段と、前記増幅手段からの出力をフーリエ変換し振動スペクトルに変換するフーリエ変換手段と、予め定めた係数を記憶している係数テーブルと、前記フーリエ変換手段からの振動スペクトルと前記係数テーブルとを演算する演算手段と、前記演算手段の結果を食感値とすることを特徴とする食品の物性測定装置であり、前記押し圧治具を被試験体に挿入するときの振動スペクトルを用いて被試験体の物性を測定するため、極めて正確に食感の数値化ができる。

40

【0012】

次に請求項2に記載の発明は、前記移送手段は、シリンダと、前記シリンダ内で自在に移動できるピストンと、前記シリンダは前記ピストンを動かすための液体ポンプに繋合されていることを特徴とする請求項1に記載の食品の物性測定装置であり、前記押し圧治具を前記被試験体に挿入する際に不要な振動や音響を与えず測定できるため、極めて正確な振動信号を検出することができる。

【0013】

50

次に請求項 3 に記載の発明は、前記フーリエ解析手段は、前記振動検出手段からの振動を振動スペクトルに変換した後、前記振動スペクトルを予め設定された周波数毎に出力することを特徴とする請求項 1 に記載の食品の物性測定装置であり、出力した結果を演算手段がそのまま利用でき、演算手段の構成が簡素化できる。

【 0 0 1 4 】

次に請求項 4 に記載の発明は、前記係数テーブルは、異なる食感を持つ前記被試験体の振動スペクトルを複数用いて主成分解析することにより計算された複数の固有ベクトルであることを特徴とする請求項 1 に記載の食品の物性測定装置であり、主成分解析により求めた固有ベクトルを係数にすることで被試験体の測定した振動スペクトルの主成分値を計算することができる。

10

【 0 0 1 5 】

次に請求項 5 に記載の発明は、前記固有ベクトルは、第 1 主成分から第 N 主成分固有ベクトルであることを特徴とする請求項 4 に記載の食品の物性測定装置であり、主成分解析により求めた第 1 主成分から第 N 主成分固有ベクトルを係数にすることで被試験体の測定した振動スペクトルの第 1 主成分から第 N 主成分値を計算することができる。

【 0 0 1 6 】

次に請求項 6 に記載の発明は、前記押し圧治具は、円柱または多角形の断面を持つ角柱であり、その側面の一部あるいは全てに、突起を有することを特徴とする請求項 1 に記載の食品の物性測定装置であり、被試験体に前記押し圧治具を挿入した際に被試験体を振動させることにより、被試験体の物性情報を含んだ振動を発生させることができる。

20

【 0 0 1 7 】

次に請求項 7 に記載の発明は、側面に凹凸を設けた押し圧治具を被試験体に押し込み、前記被試験体に前記押し圧治具を挿入した際に発生する振動信号を検出し、前記振動信号をフーリエ変換して振動スペクトルに変換し、前記振動スペクトルから予め定めた所定の周波数間隔における振動強度を求め、前記振動強度と予め定めた係数と積を求め、前記積の総和を食感値とすることを特徴とする食品の物性測定方法であり、前記押し圧治具を被試験体に挿入するとき発生する振動スペクトルを用いて被試験体の物性を測定するため、極めて正確に食感の数値化ができる。

【 0 0 1 8 】

次に請求項 8 に記載の発明は、前記係数は、異なる食感を持つ前記被試験体の振動スペクトルを複数用いて主成分解析することにより計算された複数の固有ベクトルであることを特徴とする請求項 7 に記載の食品の物性測定方法であり、主成分解析により求めた第 1 から第 N 主成分固有ベクトルを係数にすることで被試験体の測定した振動スペクトルの第 1 から第 N 主成分値を計算することができる。

30

【 0 0 1 9 】

【 発明の実施の形態 】

(実施の形態 1)

以下、本願発明を図面を参照しながら、発明の形態に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 2 0 】

図 1 に本願発明の測定装置の構成を示す。載置台 8 に被試験体 7 が置かれており、その直上に側面に凹凸を設けた押し込み治具 4 が配置されている。この押し込み治具 4 の一方に押し込み時の振動を検出するための振動検出手段 3 である piezo 素子が図示しない繋合手段にてピストン 2 に繋合されている。ピストン 2 はシリンダ 1 内部に有り、シリンダ 1 はチューブ 5 を介して液体ポンプ 6 に接続されている。この液体ポンプ 6 は、図示しない指令信号により液体をシリンダ 1 に送出あるいは吸入することによりシリンダ 1 内部のピストン 2 を上下させることができる。

40

【 0 0 2 1 】

被試験体の食感を測定する時は、液体ポンプ 6 より液体がシリンダ 1 に実線矢印の方向に送出されるためピストン 2 は下がり、押し圧治具 4 は被試験体 7 に貫入していく。押し圧治具 4 の貫入速度は、液体ポンプ 6 のモーターの回転数を制御して液体送出速度を変更す

50

ることにより、被試験体に最適な値を選ぶことが出来る。

【0022】

押し圧治具4が被試験体に貫入するに従い発生する振動は、振動検出手段3により検出され、その出力は増幅手段9に入力される。増幅手段9の出力はフーリエ変換手段10に入力され、フーリエ変換される。このフーリエ変換された信号は、係数テーブル12に合わせた区間(周波数)に分割されたのち、演算手段11に出力される。演算手段11では、フーリエ変換手段10からの出力結果と係数テーブル12とを参照して食感値を演算する。演算結果は、出力手段13に出力される。

【0023】

図2に、本装置で測定した未熟なセイヨウナシと適熟のセイヨウナシのフーリエ変換された振動スペクトルを示す。両者を比べると、明らかにスペクトルの差が見られ、特に2000から8000Hzまでの範囲において振動強度に顕著な差が見られる。以下、被試験体の解析方法については、このセイヨウナシを例にとり説明するが、これに限るものではなく、他の果実や食品に適用できるものである。

【0024】

本発明者は、多数の異なる熟度のセイヨウナシの振動スペクトルを主成分解析した結果、セイヨウナシの食感と振動スペクトルの主成分値との間に極めて有意な関係があることを見出した。以下、振動スペクトルの主成分解析方法と、本発明の係数テーブルの設定方法について説明する。

【0025】

予め、本装置により、様々な熟度値すなわち物性値をもつセイヨウナシj個を被試験体7として、その振動スペクトルを測定する。一つのセイヨウナシから測定された振動スペクトルを元に、N個の周波数毎(区間)の強度を求める。すなわちN個($i = 1, 2, \dots, N$)の変量を持つデータ列($x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1i}$)に変換する。従ってN個の周波数別強度の値がj個有るデータ列が得られる。このデータ列に主成分解析を適用して相関行列を作り固有値を求めることで、第1主成分から第p主成分までの固有ベクトルが計算できる。これらの関係を表1に示す。

【0026】

【表1】

変量 i (iは整数)	1	2	3	4	...	i	
熟度の異なる j個のデータ列 (jは整数)	1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	...	x_{1i}
	2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	...	x_{2i}
	3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	...	x_{3i}

	j	x_{j1}	x_{j2}	x_{j3}	x_{j4}	...	x_{ji}
第1主成分固有ベクトル	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	...	a_{1i}	
第2主成分固有ベクトル	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	...	a_{2i}	
...	
第p主成分固有ベクトル	a_{p1}	a_{p2}	a_{p3}	a_{p4}	...	a_{pi}	

【0027】

表1の各主成分の固有ベクトル a_{pi} と各データ列($x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ji}$)との積を求めることで、各データ列の第1から第p主成分値が求まる。従って、この固有ベクトルを係数テーブルに設定すれば、測定時に得られた振動スペクトルから主成分値を容易に演算することができる。

【 0 0 2 8 】

具体的な例を表 2 に示す。これは、本装置で予め測定したセイヨウナシ（ラ・フランス種）の熟度毎のデータ列である。本例では変量を 1 0 0 H z から 1 0 0 H z 間隔で 8 0 0 0 H z まで 8 0 個と定めたが、これに限るものではない。

【 0 0 2 9 】

【表 2】

周波数 (Hz)	100	200	300	400	...	7600	7700	7800	7900	8000
食 間 熟 度	5.00	-72.05	-81.16	-90.35	-89.73	...	-106.9	-107.3	-107.4	-106.4
	4.33	-73.16	-80.60	-93.28	-83.09	...	-109.0	-108.3	-107.8	-106.5
	3.67	-74.30	-83.53	-91.59	-89.04	...	-109.9	-109.5	-109.5	-108.6
	3.00	-72.05	-85.29	-91.98	-91.48	...	-108.8	-108.7	-109.2	-109.5
	2.00	-72.45	-83.46	-91.03	-93.93	...	-115.7	-114.0	-115.6	-115.0
	1.67	-71.17	-84.37	-92.40	-94.59	...	-115.3	-114.9	-115.5	-115.6

10

20

30

40

【 0 0 3 0 】

表 1 から相関行列を作り固有値を求め、その第 1 主成分の固有ベクトルを計算した結果を表 3 に示す。本例では、この第 1 主成分の固有ベクトルを係数テーブルとしたが、第 1 主成分の固有ベクトルに限るものではなく、被試験体の物性に応じて、適宜、第 p 主成分の固有ベクトルまで選択して使用できるものである。

50

【 0 0 3 1 】

【 表 3 】

周波数 (Hz)	8000	8000
第 1 主成分	7900	0.119
固有ベクトル	7800	0.120
	7700	0.120
	7600	0.120

	400	0.073
	300	0.034
	200	-0.037
	100	-0.086

10

20

30

40

【 0 0 3 2 】

様々な熟度のセイヨウナシにおいて、表 3 の係数テーブルを適用して計算した第一主成分値と食感熟度との関係を図 3 に示す。横軸は第 1 主成分値を示し、縦軸は熟度の指標を示す。熟度指標 5 は、サクサクあるいはジャリジャリとした未熟な食感を、4 は少し軟化した食感を、3 は軟化した、まだトロリとした食感ではない状態を示し、熟度指標 2 はトロリとした食感を示す。1 は過熟を示す。図から明らかなように、第 1 主成分値と食感熟度との間の相関係数は 0.93 と非常に高い相関が得られており、第 1 主成分値が食感熟度を定量的に表していることを示している。本例では、高次の主成分値と食感熟度との寄与率は、第一成分だけで、全体の情報の 85.7% を説明できた。従って、セイヨウナシ

50

の場合は、実用上第1主成分値のみを用いて、食感熟度を表すことができる。しかし、さらに精密に食感熟度を表すには第2主成分以上の高次主成分値を用いれば良い。

【0033】

なお、本例では、被試験体の振動スペクトルを100Hzから8000Hzまで計測したが、これに限るものではなく被試験体の物性に応じて適宜、最良の値を選択できるものである。

【0034】

(実施の形態2)

請求項6に記載の発明について、図4を参照して説明する。押し圧治具4の形状は、貫入時に積極的に被試験体7に振動を起こさせる形状を備えていれば良い。被試験体の物性に
10

【0035】

図4aは、先端が尖った円柱プローブの側面に螺旋状の鏝をもつ。このプローブの水平断面は、円に限らず楕円および多角形でも良い。またこの鏝の上面からの投影形状は円に限らず、多角形、楕円でも良い。また、これらの鏝は、その少なくとも一部に切り込みを持つ形状を持つようにしても良い。

【0036】

図4bは、先端が尖った円柱プローブの側面に複数の鏝を持つ。この鏝は、プローブの側面に水平に取り付けても良いし、斜めに取り付けても良い。このプローブの水平断面は、円に限らず楕円および多角形でも良い。またこの鏝の上面からの投影形状は円に限らず、
20

【0037】

図4cは、先端が尖った角柱プローブの両側面に複数の水平に広がった鋸状の鏝を持つ。このプローブの水平断面は、円に限らず楕円および多角形でも良い。またこの鏝において、少なくとも一部に切り込みを持つものであっても良い。

【0038】

図4dは、先端が尖った角柱プローブの両側面に複数の水平に広がった直方体の鏝を持つ。このプローブの水平断面は、円に限らず楕円および多角形でも良い。またこの鏝において、少なくとも一部に切り込みを持つものであっても良い。
30

【0039】

【発明の効果】

被試験体と積極的に振動を起こすように側面に凹凸を設けた押し圧治具を食品である被試験体に貫入し、貫入する際に前記治具と被試験体との間で発生した振動または音響スペクトルを検出する。この検出されたスペクトルは、被試験体のあらゆる物性情報を含んでいるため、このスペクトルを主成分解析することにより、従来、数値化が困難であった食感熟度を数値化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の食感測定装置の構成を示す概略図である。

【図2】本発明の得られた異なる熟度のセイヨウナシの振動スペクトルを示すグラフである。
40

【図3】本発明によって得られたセイヨウナシの第一主成分値と食感熟度との関係を示すグラフである。

【図4】本発明の押し圧治具の例を示す図である。

【図5】従来の方法で測定されたセイヨウナシの果肉硬度の変化を示すグラフである。

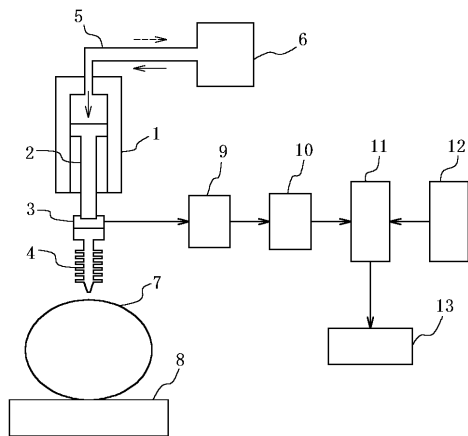
【図6】セイヨウナシの食感熟度の変化を示すグラフである。

【符号の説明】

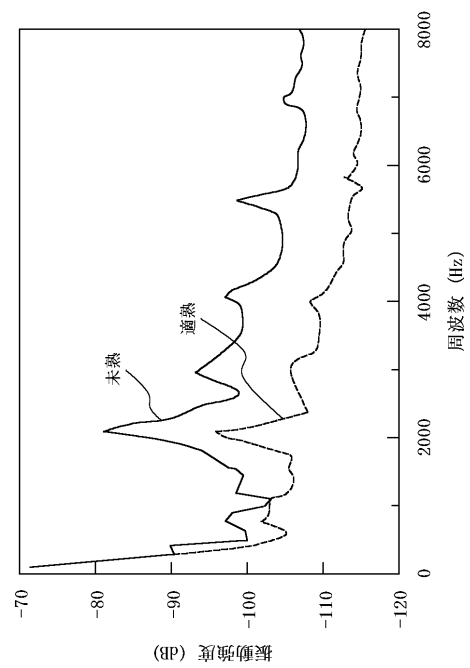
- 1 シリンダ
- 2 ピストン
- 3 振動検出手段

- 4 押し圧治具
- 5 チューブ
- 6 液体ポンプ
- 7 被試験体
- 8 載置台
- 9 増幅手段
- 10 フーリエ変換手段
- 11 演算手段
- 12 係数テーブル
- 13 出力手段

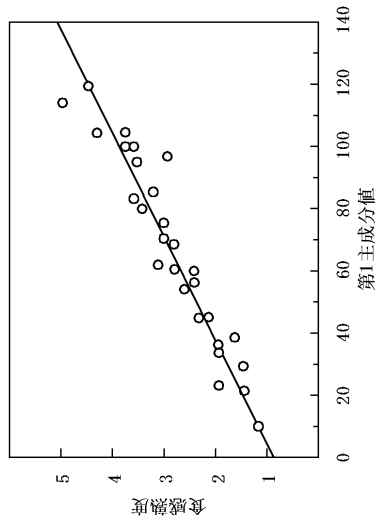
【図1】



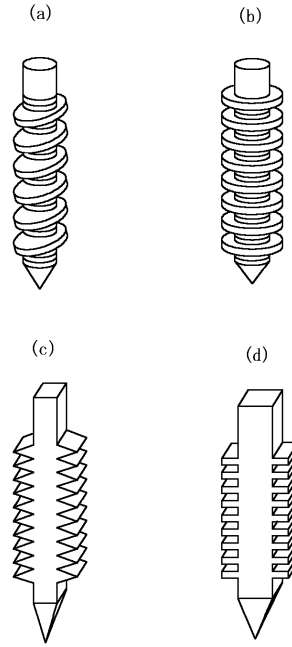
【図2】



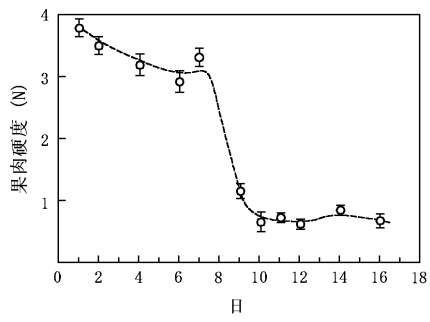
【 図 3 】



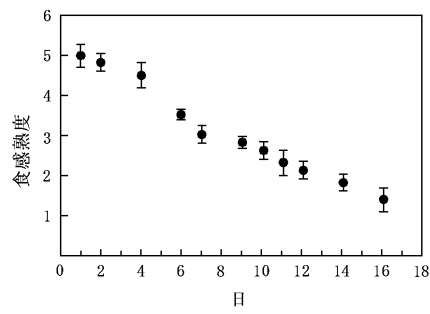
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-83951(JP,A)

特開2003-114218(JP,A)

特開2000-105226(JP,A)

特開2001-133374(JP,A)

N.D.Belie, Crispness Judgement of Royal Gala Apples Based on Chewing Sounds, Biosystems Engineering, 2002年 6月11日, Vol.81/No.3, Page.297-303

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G01N 29/00-29/28

G01N 3/40

G01N 33/02

JICSTファイル(JOIS)